

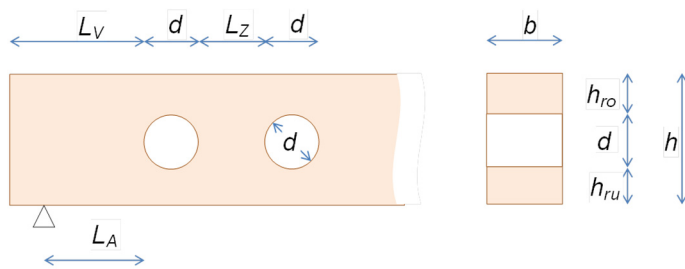
REIKIEN JA LOVIEN MITOITUS

Leikkauslujuuden ja poikittaisen vetolujuuden ansiosta Kerto®-tuotteisiin on mahdollista tehdä reikiä. Reiät voivat olla joko pyöreitä tai suorakulmaisia.

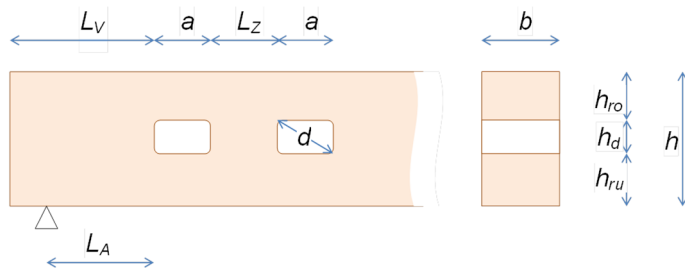
Eryteisesti ristiviilurakenteinen Kerto-Q soveltuu kohteisiin, joissa tarvitaan ilmastointi- tai viemäriputkien läpivientejä.

REIKIEN GEOMETRISET REUNAEHDOT

Kuvissa 1 ja 2 on esitetty yleisimmät reikien sijoittelua ja kokoa määrittävät merkinnät.



Kuva 1. Pyöreisiin reikiin liittyvät merkinnät.



Kuva 2. Suorakaiteen muotoisiin reikiin liittyvät merkinnät.

Tässä dokumentissa esitettyjä mitoitusmenetelmiä voidaan käyttää, kun seuraavat vaatimukset 1 – 10 täyttyvät. Vaatimukset ovat samat Kerto-S ja Kerto-Q -tuotteille.

Yleiset vaatimukset pyöreille ja suorakaiteen muotoisille rei'ille:

$$L_V \geq h \quad (1)$$

$$L_A \geq 0,5h \quad (2)$$

Pyöreiden reikien lisävaatimukset:

$$d \leq 0,7h \quad (3)$$

$$L_Z \geq \max \begin{cases} 0,5h \\ 2,0d \end{cases} \quad (4)$$

Lisäksi kun reiän keskipiste on palkin neutraaliakselilla

$$h_{ro} \text{ ja } h_{ru} \geq 0,15h \quad (5)$$

tai kun reiän keskipiste ei ole palkin neutraaliakselilla

$$h_{ro} \text{ ja } h_{ru} \geq 0,25h \quad (6)$$

Suorakaiteen muotoisten reikien lisävaatimukset:

$$a \leq 1,3h \quad (7)$$

$$h_d \leq 0,3h \quad (8)$$

$$h_{ro} \text{ ja } h_{ru} \geq 0,35h \quad (9)$$

$$L_Z \geq 1,5h \quad (10)$$

Lisäksi suorakaiteen muotoisten reikien kulmien kaarevuussäteen tulee olla vähintään 15 mm.

REIKIEN MITOITUSTAULUKOT

Taulukko 1. Kerto-S ja Kerto-Q palkkien reikien geometrisia reunaehtoja pyöreille rei'ille.

PALKIN KORKEUS	ETÄISYYS PALKIN PÄÄSTÄ	ETÄISYYS TUELTA	REIÄN KESKIPISTE PALKIN KESKILINJALLA		REIÄN KESKIPISTE EI PALKIN KESKILINJALLA	
			REIÄN MAKSIMI-HALKAISUJA	ETÄISYYS PALKIN YLÄ-JA ALAREUNASTA	REIÄN MAKSIMI-HALKAISUJA	ETÄISYYS PALKIN YLÄ-JA ALAREUNASTA
h [mm]	L_V min [mm]	L_A min [mm]	d [mm]	h_{ro} ja h_{ru} min [mm]	d [mm]	h_{ro} ja h_{ru} min [mm]
200	200	100	140	30	100	50
225	225	112,5	157,5	33,75	112,5	56,25
260	260	130	182	39	130	65
300	300	150	210	45	150	75
360	360	180	252	54	180	90
400	400	200	280	60	200	100
450	450	225	215	67,5	225	112,5
500	500	250	250	75	250	125
600	600	300	420	90	300	150

Huom. Lisäksi reikien välinen etäisyys $L_z = \max [0,5h; 2,0d]$

Taulukko 2. Kerto-S ja Kerto-Q palkkien reikien geometrisia reunaehtoja suorakulmaisille rei'ille.

PALKIN KORKEUS	ETÄISYYS PALKIN PÄÄSTÄ	ETÄISYYS TUELTA	REIKIEN VÄLINEN ETÄISYYS	REIÄN MAKSIMIPITUUS	REIÄN MAKSIMIKORKEUS	ETÄISYYS PALKIN YLÄ-JA ALAREUNASTA
h [mm]	L_V min [mm]	L_A min [mm]	L_z min [mm]	a max [mm]	h_d max [mm]	h_{ro} ja h_{ru} min [mm]
200	200	100	300	260	60	70
225	225	112,5	337,5	292,5	67,5	78,75
260	260	130	390	338	78	91
300	300	150	450	390	90	105
360	360	180	540	468	108	126
400	400	200	600	520	120	140
450	450	225	675	585	135	157,5
500	500	250	750	650	150	175
600	600	300	900	780	180	210

Huom. Lisäksi reiän kulmien kaarevuussäteen oltava vähintään 15 mm.

suorakaiteen muotoisille rei'ille seuraavasta yhtälöstä.

REIÄLLISTEN KERTO-S -PALKKIEN MITOITUS

Mitoitusehto sekä pyöreille että suorakaiteen muotoisille rei'ille on

$$\sigma_{t,90,d} = \frac{F_{t,90,d}}{0,5bl_{t,90}} \leq 0,85k_{hole}k_{space}k_{t,90}f_{t,90,d} \quad (11)$$

missä $\sigma_{t,90,d}$ ja $f_{t,90,d}$ ovat vetojännityksen ja vetolujuuden suunnitteluarvot kohtisuoraan syytä vastaan. Pituus $l_{t,90}$ saadaan yhtälöistä

$$l_{t,90} = 0,35d + 0,5h \text{ pyöreät reiät} \quad (12)$$

$$l_{t,90} = 0,5h_d + 0,5h \text{ suorakaiteen muotoiset reiät} \quad (13)$$

Reduktiokerroin $k_{t,90}$ lasketaan sekä pyöreille että

Palkin korkeus h annetaan mm:ssä.

$$k_{t,90} = \min \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ (450/h)^{0,5} \end{array} \right. \quad (14)$$

Reduktiokerroin k_{hole} saadaan yhtälöistä

$$k_{hole} = \min \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 1 - 1,5 \frac{d - 0,5h}{0,5h} \text{ pyöreät reiät} \end{array} \right. \quad (15)$$

$$k_{hole} = 1 \text{ suorakaiteen muotoiset reiät} \quad (16)$$

Reduktiokerroin k_{space} puolestaan lasketaan

$$k_{space} = \min \begin{cases} 1 \\ 1 - 0,8 \frac{h - L_Z}{h} \end{cases} \text{ pyöreät reiät} \quad (17)$$

$$k_{space} = 1 \quad \text{suorakaiteen muotoiset reiät} \quad (18)$$

Vetovoiman suunnitteluvarvo $F_{t,90,d}$ lasketaan kaavasta

$$F_{t,90,d} = \frac{V_d h_d}{4h} \left(3 - \frac{h_d^2}{h^2} \right) + 0,008 \frac{M_d}{h_r} \quad (19)$$

jossa V_d on leikkausvoiman ja M_d taivutusvoiman suunnitteluvarvo reiän reunalla. Pyöreille rei'ille reiän korkeus $h_d = 0,7h$. Etäisyys h_r saadaan seuraavista yhtälöistä

$$h_r = \min \begin{cases} h_{ro} + 0,15d \\ h_{ru} + 0,15d \end{cases} \text{ pyöreät reiät} \quad (20)$$

$$h_r = \min \begin{cases} h_{ro} \\ h_{ru} \end{cases} \text{ suorakaiteen muotoiset reiät} \quad (21)$$

Mitoitusehdon (11) lisäksi tarkistetaan taivutus-, leikkaus-, veto- ja puristusjännitykset reiän kohdalla palkin poikkileikkaukselle, josta on vähennetty reiän osuus.

Taivutusjännityksen suunnitteluvarvo σ_d lasketaan palkin neutraaliakselilla sijaitseville rei'ille yhtälöstä

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d h}{2I_{red}} + \sigma_{add,d} \quad (22)$$

Yhtälössä M_d on taivutusmomentin suunnitteluvarvo reiän keskellä ja I_{red} saadaan yhtälöistä

$$I_{red} = \frac{b}{12} (h^3 - d^3) \quad \text{pyöreät reiät} \quad (23)$$

$$I_{red} = \frac{b}{12} (h^3 - h_d^3) \quad \text{suorakaiteen muotoiset reiät} \quad (24)$$

Pyöreille rei'ille taivutusjännitys $\sigma_{add,d} = 0$ ja suorakaiteenmuotoisille rei'ille se saadaan yhtälöstä

$$\sigma_{add,d} = \frac{M_{add,d}}{W_{ro}} = \frac{V_d a / 4}{bh_{ro}^2 / 6} = \frac{3V_d a}{2bh_{ro}^2} \quad (25)$$

Veto- ja puristusjännityksen suunnitteluvarvot $\sigma_{t,d}$ ja $\sigma_{c,d}$ saadaan palkin neutraaliakselilla oleville rei'ille seuraavista yhtälöistä

$$\sigma_{t,d} = \frac{F_{t,d}}{A_{red}} \quad (26)$$

$$\sigma_{c,d} = \frac{F_{c,d}}{A_{red}} \quad (27)$$

missä $F_{t,d}$ ja $F_{c,d}$ ovat reiän keskellä lasketun veto- ja puristusvoiman suunnitteluvarvot. A_{red} lasketaan

$$A_{red} = b(h - d) \quad \text{pyöreät reiät} \quad (28)$$

$$A_{red} = b(h - h_d) \quad \text{suorakaiteen muotoiset reiät} \quad (29)$$

Leikkausjännityksen suunnitteluvarvo palkin neutraaliakselilla ($h_{ro} = h_{ru}$) oleville rei'ille saadaan yhtälöstä

$$\sigma_{v,d} = 1,5 \frac{V_d}{A_{red}} \quad (30)$$

missä V_d on leikkausvoiman suunnitteluvarvo lasketuna reiän keskellä ja A_{red} saadaan yhtälöistä 28 ja 29.

REIÄLLISTEN KERTO-Q -PALKKIEN MITOITUS

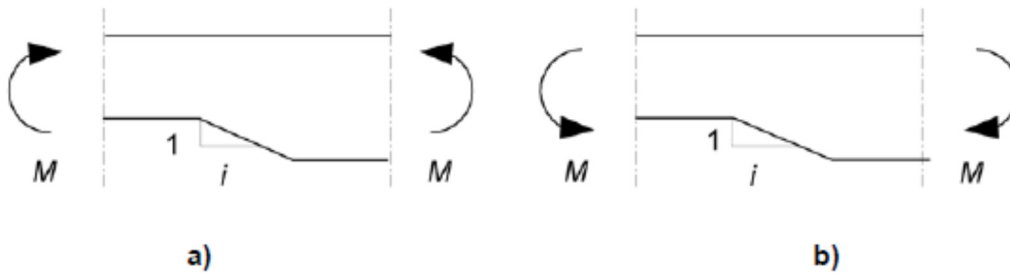
Mitoitusmenetelmää voidaan käyttää reiällisten Kerto-Q -palkkien mitoitukseen kun kohdissa 1-10 esitetyt vaatimukset täyttyvät.

Suorakaiteen muotoisten reikien kulmien kaarevuussäteen on oltava vähintään 15 mm. Ristiviilurakenteen ansiosta Kerto-Q:n vetolujuus syitä vastaan kohtisuoraan on riittävä estämään mahdollisen alkuhalkeaman kasvun. Tämän vuoksi reikien mitoitusetta Kerto-Q:lle ei voida esittää halkeaman kasvua kuvaavan yhtälön avulla. Tämän sijaan on tarkistettava taivutus-, veto-, puristus- ja leikkausjännitykset reiän kohdalla reiän osuudella vähennetylle poikkileikkaukselle. Em. jännitykset lasketaan yhtälöistä 22, 26, 27 ja 30.

LOVIEN MITOITUS

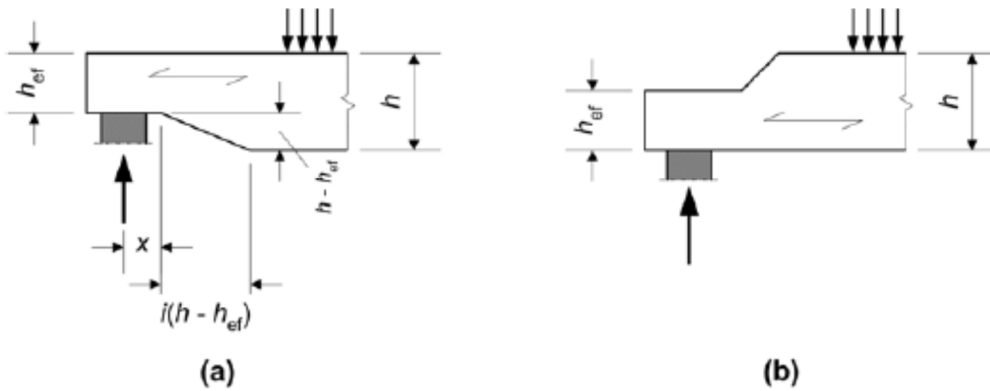
Jännityshuippujen vaikutukset loven reunassa täytyy ottaa huomioon korjauskertoimilla. Vaikutukset voidaan jättää huomioimatta seuraavissa tapauksissa:

- Syiden suuntainen veto tai puristus.
- Taivutuksen aiheuttama vetojännitys loven puolella, kun madallus ei ole jyrkempi kuin 1:10, eli $i \geq 10$, katso kuva 3a.
- Taivutuksen aiheuttama puristusjännitys loven puolella, katso kuva 3b.



Kuva 3. Taivutus loven kohdalla: a) vetojännitys lovessa, b) puristusjännitys lovessa.

TUEN KOHDALTA LOVETTU PALKKI



Kuva 4. Lovi palkin päässä

Suorakaidepalkkien, joilla syyt ovat pääosin pituussuunnassa, leikkausjännitys tuella lasketaan käyttämällä tehollista korkeutta h_{ef} (kts. kuva 4),

$$\tau_d = \frac{1,5V}{b \cdot h_{ef}} \leq k_v \cdot f_{v,d} \quad (31)$$

jossa k_v on pienennyskerroin, joka määritellään seuraavasti:

Palkit, joissa lovi tuen vastakkaisella puolella (kts. kuva 4b):

$$k_v = 1 \quad (32)$$

Palkit, joissa lovi samalla puolella tuen kanssa (kts. kuva 4a):

$$k_v = \min \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ k_n \left(1 + \frac{1,1i^{1,5}}{\sqrt{h}} \right) \\ \frac{1}{\sqrt{h} \left(\sqrt{\alpha(1-\alpha)} + 0,8 \frac{x}{h} \sqrt{\frac{1}{\alpha} - \alpha^2} \right)} \end{array} \right. \quad (33)$$

jossa

i on loven viisteen pituus (kts. kuva 4a)

h on palkin korkeus (mm)
 x on etäisyys tukilinjasta loven nurkkaan

Kerto-tuotteille ovat voimassa seuraavat leikkausjännityskapasiteetit arvot

$$\alpha = \frac{h_{ef}}{h} \quad (34)$$

$$f_{v,0,edge,k} = 4,1 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Kerto-S}$$

$$f_{v,0,edge,k} = 4,5 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Kerto-Q}$$

$$k_n = \begin{cases} 6 & \text{Kerto-S} \\ 16 & \text{Kerto-Q} \end{cases} \quad (35)$$

Mitoittava leikkausvoimakapasiteetti V_k määritetään kaavalla:

Tuen kohdalla palkin mitoittava leikkauskestävyys määritetään:

$$V_k = \frac{k_v \cdot f_{v,0,edge,k} \cdot b \cdot h_{ef}}{1,5} \quad (37)$$

$$f_{v,0,edge,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{v,0,edge,k}}{\gamma_M} \quad (36)$$

Taulukoissa 3 ja 4 on esitetty esimerkkejä leikkausvoimakapasiteetista lovetuille Kerto-S ja Kerto-Q palkeille.

Taulukko 3. Kerto-S –palkin leikkausvoimakapasiteetti V_k [kN] eri loven korkeuksilla ja kaltevuuksilla (kuvat 3 ja 4). Etäisyys tukilinjasta loven nurkkaan (x) on 100 mm.

LOVEN KORKEUS	V_k ilman lovea	50 mm		100 mm		b / 2	
		i = 0	i = 3	i = 0	i = 3	i = 0	i = 3
Palkki (b x h)							
51 x 200	27.9	11.3	15.9	5.7	8.1	5.7	8.1
45 x 260	32.0	15.3	20.7	8.8	11.9	6.6	8.9
45 x 300	36.9	18.9	25.2	11.4	15.2	7.5	10.0
51 x 300	41.8	21.5	28.5	13.0	17.2	8.5	11.3
45 x 360	44.3	24.6	32.0	15.4	20.1	8.8	11.5
51 x 400	55.8	32.3	41.5	20.6	26.5	10.9	14.1
57 x 450	70.1	42.3	53.7	27.4	34.8	13.5	17.1
75 x 500	102.5	63.8	80.2	41.9	52.6	19.3	24.2

Taulukko 4. Kerto-Q –palkin leikkausvoimakapasiteetti V_k [kN] eri loven korkeuksilla ja kaltevuuksilla (kuvat 3 ja 4). Etäisyys tukilinjasta loven nurkkaan (x) on 100 mm.

LOVEN KORKEUS	V_k ilman lovea	50 mm		100 mm		b / 2	
		i = 0	i = 3	i = 0	i = 3	i = 0	i = 3
Palkki (b x h)							
51 x 200	30.6	23.0	23.0	15.3	15.3	15.3	15.3
45 x 260	35.1	28.4	28.4	21.6	21.6	17.6	17.6
45 x 300	40.5	33.8	33.8	27.0	27.0	20.3	20.3
51 x 300	45.9	38.3	38.3	30.6	30.6	23.0	23.0
45 x 360	48.6	41.9	41.9	35.1	35.1	24.3	24.3
51 x 400	61.2	53.6	53.6	45.9	45.9	30.6	30.6
57 x 450	77.0	68.4	68.4	59.9	59.9	38.5	38.5
75 x 500	112.5	101.3	101.3	90.0	90.0	56.3	56.3

